



## Beschreibung

### Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen elektrischen Schalter zum Unterbrechen einer elektrischen Hochvoltverbindung, ein Kraftfahrzeug mit einem entsprechenden Schalter und ein Verfahren zum Unterbrechen einer elektrischen Hochvoltverbindung.

### Stand der Technik

**[0002]** Die vorliegende Erfindung wird im Folgenden hauptsächlich in Verbindung mit Schaltelementen für Fahrzeugbordnetze beschrieben. Die Erfindung kann aber in jeder Anwendung genutzt werden, in der elektrische Lasten geschaltet werden.

**[0003]** Beim Unterbrechen von stromtragenden Kontakten eines Schalters kann ein Schaltlichtbogen entstehen. Der Schaltlichtbogen kann insbesondere in einem Überlastfall Schäden an den Kontakten verursachen, da der Schaltlichtbogen zu einem hohen Energieeintrag führen kann. Um diese Schäden zu vermeiden, kann eine Sicherung in Serie zu dem Schalter geschaltet werden. Die Sicherung unterbricht einen Stromfluss im Schaltlichtbogen, wenn eine in der Sicherung durch ohmsche Verluste auf-aggregierte Energie und eine damit verbundene Erwärmung eines Auslösebereichs der Sicherung größer ist als ein für die Sicherung charakteristischer Grenzwert.

**[0004]** Bei einer Schmelzsicherung schmilzt im Überlastfall eine Engstelle. Diese sollte dabei so dimensioniert sein, dass der Stromfluss im Normalfall ohne übermäßige Erwärmung fließen kann, die Engstelle im Überlastfall jedoch sicher zerstört wird.

### Beschreibung der Erfindung

**[0005]** Eine Aufgabe der Erfindung kann es daher sein, unter Einsatz konstruktiv möglichst einfacher Mittel einen Schalter und ein Verfahren zum Unterbrechen einer Hochvoltverbindung sowie ein mit dem Schalter ausgestattetes Fahrzeug bereitzustellen.

**[0006]** Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung und den begleitenden Figuren angegeben. Insbesondere können die unabhängigen Ansprüche einer Anspruchskategorie auch analog zu den abhängigen Ansprüchen einer anderen Anspruchskategorie weitergebildet sein.

**[0007]** Es wird ein elektrischer Schalter zum Unterbrechen einer elektrischen Hochvoltverbindung, insbesondere in einem Spannungsversorgungssystem eines Fahrzeugs vorgestellt, wobei der Schalter folgende Merkmale aufweist:

a. eine erste Schnittstelle zum Anschließen eines

ersten Teilbereichs der Hochvoltverbindung und eine zweite Schnittstelle zum Anschließen eines zweiten Teilbereichs der Hochvoltverbindung;

b. einen mit der ersten Schnittstelle elektrisch leitend verbundenen ersten Kontakt und einen mit der zweiten Schnittstelle elektrisch leitend verbundenen zweiten Kontakt, wobei der erste Kontakt und der zweite Kontakt an einer trennbaren Kontaktstelle elektrisch leitend miteinander verbunden sind;

c. eine mit der zweiten Schnittstelle elektrisch leitend verbundene Überstromtrenneinrichtung; und

d. eine Lichtbogenweiche, die dazu ausgebildet ist, in einem Überlastfall einen zu der Überstromtrenneinrichtung führenden Ersatzlichtbogen zu einem im Betrieb beim Unterbrechen der Kontaktstelle zwischen dem ersten Kontakt und dem zweiten Kontakt entstehenden Schaltlichtbogen zu erzeugen.

**[0008]** Weiterhin wird ein Verfahren zum Unterbrechen einer elektrischen Hochvoltverbindung, insbesondere in einem Spannungsversorgungssystem eines Fahrzeugs vorgestellt, wobei das Verfahren einen Schritt des Unterbrechens, einen Schritt des Erzeugens und einen Schritt des Löschens aufweist, wobei im Schritt des Unterbrechens eine Kontaktstelle eines in der Hochvoltverbindung angeordneten elektrischen Schalters ansprechend auf ein Trennsignal getrennt wird, im Schritt des Erzeugens ein zu einer bei geschlossener Kontaktstelle stromlosen Überstromtrenneinrichtung des Schalters führender Ersatzlichtbogen zu einem in der getrennten Kontaktstelle entstehenden Schaltlichtbogen unter Verwendung einer Lichtbogenweiche erzeugt wird, und im Schritt des Löschens der Ersatzlichtbogen durch ein Ansprechen der Überstromtrenneinrichtung gelöscht wird.

**[0009]** Ferner wird ein Fahrzeug mit zumindest einem Schalter gemäß dem hier vorgestellten Ansatz vorgestellt, wobei der Schalter in einer elektrischen Hochvoltverbindung eines Spannungsversorgungssystems des Fahrzeugs angeordnet ist, wobei eine Kontaktstelle des Schalters unter Verwendung eines Aktors, ansprechend auf ein Trennsignal trennbar ist.

**[0010]** Eine Hochvoltverbindung kann eine elektrische Leitung eines Hybrid- oder Elektrofahrzeugs sein, die zum sicheren Leiten von Kfz-Hochvoltspannung ausgebildet ist. Unter einer Kfz-Hochvoltspannung kann dabei insbesondere eine elektrische Spannung zwischen 300 Volt und 1000 Volt verstanden werden. Zusätzlich weist die Hochvoltverbindung einen zum Übertragen einer elektrischen Antriebsleistung des Fahrzeugs erforderlichen Leitungsquerschnitt auf. Die Hochvoltverbindung kann als Kabel oder Stromschiene ausgeführt sein. Stromtragende Komponenten des Schalters, wie Schnittstellen und Kontakte weisen zumindest einen an den Leitungsquerschnitt der Hochvoltverbindung angepassten Leitungsquerschnitt und entsprechende Kontaktflächen auf.

**[0011]** Die Schnittstellen des Schalters können als Anschluss terminals bezeichnet werden und Einrichtungen

zum sicheren elektrischen Kontaktieren der Teilbereiche der Hochvoltverbindung aufweisen. Die Kontakte des Schalters können bei geschlossener Kontaktstelle direkt zusammengepresst werden oder über zwischengeschaltete leitende Elemente verbunden werden. Bei getrennter Kontaktstelle können die Kontakte beziehungsweise die zwischengeschalteten Elemente auseinandergedrückt beziehungsweise auseinandergezogen werden. Bei getrennter Kontaktstelle können die Kontakte mit einem an die Hochvoltspannung angepassten Abstand voneinander beabstandet sein.

**[0012]** Eine Überstromtrenneinrichtung kann so ausgelegt sein, dass sie eine notwendige Trennleistung für einen Kurzschluss im Hochvolt-Bordnetz aufnehmen kann. Diese kann beispielsweise 1,5 MW im 450V Bordnetz und bis zu 5 MW im 900V Bordnetz betragen. Die Überstromtrenneinrichtung ist im Normalbetrieb stromlos und wird nur im Überlastfall bestromt. Wird die Überstromtrenneinrichtung als sandgefüllte Schmelzsicherung ausgeführt, so kann diese bei dem hier vorgestellten Ansatz wesentlich geringer dimensioniert sein, als eine herkömmliche in Reihe zur Kontaktstelle geschaltete Sicherung. Durch die geringe Dimensionierung des Schmelzdrahtes kann die Überstromtrenneinrichtung eine sehr geringe Ansprechzeit aufweisen.

**[0013]** In einem Lichtbogen ist Gas ionisiert und Ladungsträger bewegen sich angetrieben von einer elektrischen Potenzialdifferenz von einer Seite des Lichtbogens zur anderen Seite des Lichtbogens. Das Gas kann beispielsweise durch ein elektrisches Feld, also ein elektrisches Spannungspotenzial zwischen zwei Elektroden ionisiert werden. Die Elektroden können dann auch Anfangspunkt und Endpunkt des Lichtbogens sein. Anfangspunkt und Endpunkt sind dabei durch eine Richtung eines elektrischen Stromflusses zum Ausgleichen des elektrischen Potenzials definiert. Der Lichtbogen folgt dabei einem Weg des geringsten Widerstands. Eine Menge der Ladungsträger im Lichtbogen wird durch den elektrischen Stromfluss durch den Lichtbogen bestimmt. Je größer der Stromfluss ist, umso stärker ist auch eine Wärmeemission des Lichtbogens. Das Gas kann auch durch die Wärmeemission weiter ionisiert werden. Zwischen den Elektroden kann sich so ein ionisierter Kanal ausbilden.

**[0014]** Eine Lichtbogenweiche kann einen neuen Weg mit einem konkurrierenden geringeren Widerstand als ein ursprünglicher Widerstand eines ursprünglichen Wegs eines beim Trennen der Kontakte in der Kontaktstelle entstehenden Schaltlichtbogens bereitstellen. Dabei kommt es nicht zu einem reinen Überspringen des Lichtbogens, also nicht zum sofortigen Abriss des als Schaltlichtbogen bezeichneten Primärlichtbogens. Vielmehr brennen zunächst gleichzeitig der Schaltlichtbogen und ein Ersatzlichtbogen, die einen gemeinsamen Fußpunkt haben können. Dieser kann auf der Strecke zwischen den beiden Kontakten der eigentlichen Kontaktstelle entweder auf einem der beiden Kontakte oder zwischen den Kontakten angeordnet sein. Der gemein-

same Fußpunkt kann sich auch während des Trennens mit dem Ziel des geringsten Gesamtwiderstands immer wieder verschieben. Der Ersatzlichtbogen entzieht dem Schaltlichtbogen aufgrund seines geringeren Widerstands Energie, bis der Schaltlichtbogen erlischt. Der Ersatzlichtbogen wird durch das Ansprechen der Überstromtrenneinrichtung gelöscht.

**[0015]** Die Lichtbogenweiche kann den ersten Kontakt, eine den ersten Kontakt bei geschlossener Kontaktstelle mit dem zweiten Kontakt elektrisch leitend verbindende, bewegliche Schaltbrücke und eine Elektrode der Überstromtrenneinrichtung umfassen. Die Schaltbrücke kann bei geschlossener Kontaktstelle von der Elektrode beabstandet sein. Beim Unterbrechen der Kontaktstelle kann die Schaltbrücke dazu ausgebildet sein, von dem ersten Kontakt in Richtung der Elektrode abgehoben zu werden, um den Ersatzlichtbogen zu erzeugen. Die Schaltbrücke kann ein beweglicher Teil des zweiten Kontakts sein. Alternativ kann die Schaltbrücke beim Unterbrechen der Kontaktstelle auch von dem zweiten Kontakt abgehoben werden. Wenn der Schalter nur zum insbesondere einmaligen Unterbrechen der Hochvoltverbindung vorgesehen ist, kann die Schaltbrücke beim Unterbrechen der Kontaktstelle direkten Kontakt zur Elektrode erreichen. Der Ersatzlichtbogen kann dann kurz vor der Berührung zünden. Zum Schalten der Hochvoltverbindung im Betrieb kann dann eine separate Schaltstelle in Serie zur Kontaktstelle vorgesehen sein.

**[0016]** Die Schaltbrücke kann bei getrennter Kontaktstelle durch eine Luftstrecke beabstandet von der Elektrode sein. Ein zum Erzeugen des Ersatzlichtbogens erforderlicher Mindestenergieumsatz in der Lichtbogenweiche kann abhängig von der Luftstrecke sein. Durch die Luftstrecke kann der Schalter auch zum Schalten der Hochvoltverbindung im Betrieb verwendet werden. Der Schalter kann für eine entsprechende Anzahl an Schaltspielen ausgelegt sein. Die Luftstrecke kann als Luftspalt bezeichnet werden. Die Luftstrecke kann derart dimensioniert sein, dass ein Überschlag des Ersatzlichtbogens zur Überstromtrenneinrichtung nur oberhalb eines definierten Energieeintrags beziehungsweise einer definierten Ladungsträgerdichte beziehungsweise eines definierten Stroms erfolgt, jedoch nicht unterhalb dieser Schwelle, sodass die Überstromtrenneinrichtung dann inaktiv bleibt. Durch den Luftspalt ist die Lichtbogenweiche energieabhängig, da sonst die Überstromtrenneinrichtung bei jedem Schaltvorgang sofort ausgelöst würde. Die Luftstrecke kann so groß sein, dass der Ersatzlichtbogen erst bei einer Momentanleistung größer 10 kW, insbesondere größer 25 kW, insbesondere größer 50 kW überspringt.

**[0017]** Bei getrennter Kontaktstelle kann eine Lichtbogenstrecke zwischen dem ersten Kontakt und der Schaltbrücke größer sein als die Luftstrecke. Eine Lichtbogenstrecke kann dabei der kürzeste geometrische Pfad für den Schaltlichtbogen zwischen dem Anfangspunkt des Schaltlichtbogens und dem Endpunkt des Schaltlichtbogens sein. Die Lichtbogenstrecke kann durch ein Hinder-

nis zwischen dem Anfangs und Endpunkt beeinflusst werden, da der Schaltlichtbogen dann einer verlängerten Lichtbogenstrecke um das Hindernis herum folgt. Die Lichtbogenstrecke kann auch durch eine berührungslose Krafteinwirkung auf den Schaltlichtbogen, wie beispielsweise eine Luftbewegung und/oder ein magnetisches Feld beeinflusst werden. Wenn die Lichtbogenstrecke länger ist als die Luftstrecke, kann der Ersatzlichtbogen zünden.

**[0018]** Die Elektrode kann mit einem thermoplastischen Isolator umspritzt sein. Ein zum Zünden eines Ersatzlichtbogens erforderlicher Mindestenergieumsatz in der Lichtbogenweiche kann abhängig von einer Dicke des Isolators sein. Der Mindestenergieumsatz kann abhängig von einem spezifischen Widerstand eines thermoplastischen Materials des Isolators sein. Wenn der Mindestenergieumsatz im Schaltlichtbogen überschritten wird, kann der Isolator schmelzen und die Elektrode freigelegt werden. Dann kann die Schaltbrücke die Elektrode berühren und ein direkter elektrischer Kontakt zwischen der Schaltbrücke und der Elektrode entstehen. Alternativ kann die verbleibende Luftstrecke zwischen der Schaltbrücke und der Elektrode so klein sein, dass der Ersatzlichtbogen einen geringen Energieumsatz aufweist.

**[0019]** Eine weitere Überstromtrenneinrichtung kann elektrisch leitend mit der zweiten Schnittstelle verbunden sein. Die Lichtbogenweiche kann den ersten Kontakt, den zweiten Kontakt, eine den ersten Kontakt bei geschlossener Kontaktstelle mit dem zweiten Kontakt elektrisch leitend verbindende, bewegliche Schaltbrücke, eine Elektrode der Überstromtrenneinrichtung und eine weitere Elektrode der weiteren Überstromtrenneinrichtung umfassen. Die Schaltbrücke kann bei geschlossener Kontaktstelle beabstandet von der Elektrode und der weiteren Elektrode sein. Bei getrennter Kontaktstelle kann eine kombinierte Lichtbogenstrecke zwischen der Schaltbrücke und dem ersten Kontakt und zwischen der Schaltbrücke und dem zweiten Kontakt größer sein, als sowohl eine erste Luftstrecke zwischen dem ersten Kontakt und der weiteren Elektrode als auch eine zweite Luftstrecke zwischen dem zweiten Kontakt und der Elektrode. Einzelne Lichtbogenstrecken zwischen den Kontakten und der Schaltbrücke können sich zur kombinierten Lichtbogenstrecke addieren. Sobald eine der Luftstrecken kleiner ist, als die kombinierte Lichtbogenstrecke, kann diese Luftstrecke attraktiv genug sein, dass der Ersatzlichtbogen zündet.

**[0020]** Die Lichtbogenweiche kann ein bewegliches Trennelement aufweisen, das zwischen dem ersten Kontakt und dem zweiten Kontakt anordenbar ist. Das Trennelement kann eine Lichtbogenstrecke zwischen dem ersten Kontakt und dem zweiten Kontakt vergrößern, den ersten Kontakt verdecken und alternativ oder ergänzend den zweiten Kontakt verdecken, wenn es in der Kontaktstelle angeordnet ist. Ein Trennelement kann aus einem elektrisch isolierenden Material, wie beispielsweise Keramik sein. Das Trennelement kann die Kontakte aus-

einanderdrücken. Das Trennelement kann keilförmig sein. Das Trennelement kann durch eine Antriebseinrichtung angetrieben werden. Das Trennelement kann die Lichtbogenstrecke geometrisch vergrößern, da es ein Hindernis für den Schaltlichtbogen darstellt. Durch das Trennelement kann der relative Abstand zur Elektrode der Überstromtrenneinrichtung geringer werden, wodurch der Ersatzlichtbogen zur Überstromtrenneinrichtung zündet. Durch das Trennelement kann ein ursprünglicher Strompfad sehr unattraktiv für den Lichtbogen gemacht werden. Das Trennelement kann vor den ersten Kontakt bewegt werden und diesen abdecken. Durch das Abdecken kann ein erneutes Zünden des Schaltlichtbogens nach dem Auslösen der Überstromtrenneinrichtung verhindert werden.

**[0021]** Die Lichtbogenweiche kann zumindest einen Blasmagneten zum Verlängern des Schaltlichtbogens aufweisen. Eine Feldrichtung des Blasmagneten kann quer zu einem Verlauf des Schaltlichtbogens ausgerichtet sein. Ein Blasmagnet kann ein magnetisches Feld bereitstellen. Das magnetische Feld kann aufgrund der Lorentzkraft auf bewegte Ladungsträger eine seitliche Kraft ausüben. Da der Schaltlichtbogen aus bewegten Ladungsträgern besteht, kann der Schaltlichtbogen unter Verwendung zumindest eines Blasmagneten seitlich ausgelenkt werden. Eine Richtung der Auslenkung ist von einer Bewegungsrichtung der Ladungsträger und von einer Feldrichtung des Magnetfelds abhängig. Der Blasmagnet kann so ausgerichtet sein, dass der Schaltlichtbogen in Richtung der Elektrode der Überstromtrenneinrichtung abgelenkt wird.

**[0022]** Der Blasmagnet kann ein Elektromagnet sein, der zwischen die zweite Schnittstelle und die Schaltbrücke geschaltet ist. Die Schaltbrücke kann bei getrennter Kontaktstelle beabstandet zu dem ersten Kontakt und dem zweiten Kontakt sein. Der Elektromagnet kann beim Unterbrechen der Kontaktstelle durch einen aufgrund eines Spannungsabfalls an einem weiteren Schaltlichtbogen zwischen der Schaltbrücke und dem zweiten Kontakt resultierenden elektrischen Stromfluss bestromt werden, um stromrichtungsabhängig ein Magnetfeld zum Verlängern des Schaltlichtbogens stets in Richtung der Überstromtrenneinrichtung zu erzeugen. Bei einem Permanentmagnet als Blasmagnet verändert sich eine Richtung der seitlichen Auslenkung in Abhängigkeit von einer Richtung des Stromflusses beziehungsweise einer Stromrichtung. Damit die Richtung der Auslenkung gleich bleibt und der Schaltlichtbogen auch bei unterschiedlichen Stromrichtungen in Richtung der Elektrode der Überstromtrenneinrichtung verlängert wird, kann eine Feldrichtung in Abhängigkeit von der Stromrichtung eingestellt werden. Die Feldrichtung kann unter Verwendung einer stromdurchflossenen Spule eingestellt werden. Die Spule ist Bestandteil des Elektromagnets. Eine Stromrichtung in der Spule ist abhängig von der Stromrichtung durch den Schalter. Durch den Elektromagnet wird nur eine Überstromtrenneinrichtung benötigt.

**[0023]** Die Überstromtrenneinrichtung kann als

Schmelzsicherung mit Sandfüllung ausgebildet sein. Alternativ kann die Überstromtrenneinrichtung eine aktive Sicherung, wie eine Pyrofuse sein. Die Schmelzsicherung wird beim Ansprechen zerstört. Beim Ansprechen der Schmelzsicherung schmilzt ein Schmelzelement und anstelle des Schmelzelements entsteht ein Lichtbogen. Der Lichtbogen schmilzt durch seinen Energieumsatz die Sandfüllung zumindest teilweise auf. Der geschmolzene Sand unterbricht beziehungsweise erstickt dann den Lichtbogen und somit den Ersatzlichtbogen. Da die Überstromtrenneinrichtung im Normalbetrieb stromlos ist, kann die Schmelzsicherung schnell ansprechen, wenn der Ersatzlichtbogen zur Überstromtrenneinrichtung zündet.

**[0024]** Der Schalter kann eine Messeinrichtung zum Erfassen eines elektrischen Stromflusses zwischen den Schnittstellen aufweisen. Die Messeinrichtung kann dazu ausgebildet sein, ein Trennsignal zum Unterbrechen der Kontaktstelle bereitzustellen, wenn der Stromfluss größer als ein Schwellenwert ist. Durch das Messen des Stromflusses und das Unterbrechen ansprechend auf das Trennsignal kann der Schalter automatisiert die Hochvoltverbindung unterbrechen, bevor andere stromführende Teile Schaden nehmen.

#### Kurze Figurenbeschreibung

**[0025]** Nachfolgend wird ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Figuren erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Darstellung eines Fahrzeugs mit einem Schalter gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 2 eine Darstellung eines Schalters mit einem Trennelement gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 3 bis 4 Darstellungen eines Unterbrechungsvorgangs einer Hochvoltverbindung unter Verwendung eines Schalters mit einem Trennelement gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 5 eine Darstellung eines Schalters mit einer weiteren Überstromtrenneinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 6 bis 8 Darstellungen eines Unterbrechungsvorgangs einer Hochvoltverbindung unter Verwendung eines Schalters mit einer weiteren Überstromtrenneinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel;
- Fig. 9 eine Darstellung eines Unterbrechungsvorgangs einer Hochvoltverbindung unter Verwendung eines Schalters mit ei-

nem Elektromagnet gemäß einem Ausführungsbeispiel; und

- Fig. 10 eine Darstellung eines Schalters mit einer isolierten Elektrode gemäß einem Ausführungsbeispiel.

**[0026]** Die Figuren sind lediglich schematische Darstellungen und dienen nur der Erläuterung der Erfindung. Gleiche oder gleichwirkende Elemente sind durchgängig mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

#### Detaillierte Beschreibung

- [0027]** Zum leichteren Verständnis werden in der folgenden Beschreibung die Bezugszeichen zu den Figuren 1-10 als Referenz beibehalten.

**[0028]** Fig. 1 zeigt eine Darstellung eines Fahrzeugs 100 mit einem Schalter 102 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das Fahrzeug weist eine Traktionsbatterie 104 und zumindest eine elektrische Antriebseinheit 106 auf. Die Traktionsbatterie 104 ist über eine Hochvoltverbindung 108 mit der Antriebseinheit 106 verbunden. Eine zum Betrieb der Antriebseinheit 106 erforderliche Steuer- und Regelelektronik ist hier zur Vereinfachung nicht dargestellt.

**[0029]** Der Schalter 102 ist zwischen der Traktionsbatterie 104 und der Antriebseinheit 106 in der Hochvoltverbindung 108 angeordnet. Jeder Pol der Traktionsbatterie 104 ist über eine Leitung der Hochvoltverbindung 108 mit einem entsprechenden Anschluss der Antriebseinheit 106 verbunden. Der Schalter 102 weist für jeden Pol getrennte Kontakte auf. Der Schalter 102 ist also mehrpolig und dazu ausgebildet, die Traktionsbatterie 104 allpolig vom Rest des Fahrzeugs 100 abzutrennen.

**[0030]** Für jeden Pol weist der Schalter 102 eine Kontaktstelle 110 zwischen einem mit der Traktionsbatterie 104 verbundenen Teilbereich der Hochvoltverbindung 108 und einem mit der Antriebseinrichtung 106 verbundenen Teilbereich der Hochvoltverbindung 108 auf. Zusätzlich weist der Schalter für jeden Pol eine im Betrieb nur mit einem der Teilbereiche der Hochvoltverbindung 108 verbundenen Überstromtrenneinrichtung 112 und eine Lichtbogenweiche 114 auf. Die Lichtbogenweiche 114 ist dazu ausgebildet, in einem Überlastfall einen zu der Überstromtrenneinrichtung 112 führenden Ersatzlichtbogen zu einem beim Unterbrechen der Kontaktstelle 110 entstehenden Schaltlichtbogen zu erzeugen.

**[0031]** Fig. 2 zeigt eine Darstellung eines Schalters 102 mit einem Trennelement 200 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Der Schalter 102 entspricht dabei im Wesentlichen dem Schalter in Fig. 1. Im Gegensatz dazu ist der hier dargestellte Schalter 102 einpolig. Der Schalter 102 weist eine erste Schnittstelle 202 zu einem ersten Teilbereich der Hochvoltverbindung und eine zweite Schnittstelle 204 zu einem zweiten Teilbereich der Hochvoltverbindung auf. Die erste Schnittstelle 202 ist elektrisch leitend mit einem ersten Kontakt 206 der Kontakt-

stelle 110 verbunden. Die zweite Schnittstelle 204 ist elektrisch leitend mit einem zweiten Kontakt 208 der Kontaktstelle 110 verbunden.

**[0032]** Zwischen dem ersten Kontakt 206 und dem zweiten Kontakt 208 ist eine bewegliche Schaltbrücke 210 angeordnet, die über ein elektrisch leitendes Gelenk fest mit dem ersten Kontakt 206 verbunden ist. In geschlossenem Zustand der Kontaktstelle 110 wird die Schaltbrücke 210 gegen den zweiten Kontakt 208 gedrückt, sodass diese leitend verbunden sind. Die Schaltbrücke 210 wird beispielsweise durch eine Federkraft gegen den zweiten Kontakt 208 gedrückt.

**[0033]** Ein erster Anschluss der Überstromtrenneinrichtung 112 ist elektrisch leitend mit der zweiten Schnittstelle 204 und dem zweiten Kontakt 208 verbunden. Ein freier zweiter Anschluss der Überstromtrenneinrichtung 112 ist mit einer Elektrode 212 der Lichtbogenweiche 114 verbunden. Hier sind der zweite Kontakt 208, das Trennelement 200 und die Schaltbrücke 210 weitere Bestandteile der Lichtbogenweiche 114. In geschlossenem Zustand der Kontaktstelle 110 sind die Schaltbrücke 210 und damit auch der erste Kontakt 206 beabstandet von der Elektrode 212.

**[0034]** Das Trennelement 200 ist hier keilförmig geformt und dazu ausgebildet, zwischen den zweiten Kontakt 208 und die Schaltbrücke 210 geschoben zu werden, um die Schaltbrücke 210 von dem zweiten Kontakt 208 abzuheben beziehungsweise wegzudrücken. Beim Abheben beziehungsweise Wegdrücken wird die Schaltbrücke 210 in Richtung der Elektrode 212 bewegt. Das bewegliche Trennelement 200 verdeckt beim Unterbrechen der Kontaktstelle 110 den zweiten Kontakt 208.

**[0035]** In einem Ausführungsbeispiel ist der Schalter 102 als einmalig verwendbarer Trennschalter für eine Überlastsituation ausgebildet. Zum Schalten unter normalen Betriebsbedingungen ist dann ein hier nicht dargestellter weiterer Schalter in Serie zu dem dargestellten Schalter 102 geschaltet. Hier wird die Schaltbrücke 210 beim Unterbrechen der Kontaktstelle 110 durch das Trennelement 200 gegen die Elektrode 212 gedrückt. So wird ein direkter Kontakt zwischen der Schaltbrücke 210 und der Elektrode 212 hergestellt. In der Überlastsituation spricht dann die zuvor stromlose Überstromtrenneinrichtung 112 sofort an und unterbricht den Stromfluss sicher. Da die Überstromtrenneinrichtung 112 in normalen Betriebssituationen stromlos ist, kann sie entsprechend schwach dimensioniert sein und bereits bei einem geringen Stromfluss ansprechen.

**[0036]** In einem Ausführungsbeispiel ist der Schalter 102 dazu ausgebildet, unter normalen Betriebsbedingungen als Betriebsschalter verwendet zu werden. Hier sind die Schaltbrücke 210 und die Elektrode 212 auch beim Unterbrechen der Kontaktstelle 110 durch eine Luftstrecke 214 voneinander beabstandet. Die Schaltbrücke 210 berührt die Elektrode 212 also nie. Eine Energieübertragung kann dabei nur durch einen zwischen der Schaltbrücke 210 und der Elektrode 212 gezündeten Ersatzlichtbogen erfolgen.

**[0037]** Die Figuren 3 und 4 zeigen Darstellungen eines Unterbrechungsvorgangs einer Hochvoltverbindung unter Verwendung eines Schalters 102 mit einem Trennelement 200 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Der Schalter 102 entspricht dabei im Wesentlichen dem Schalter in Fig. 2. Die nicht dargestellte Hochvoltverbindung ist an den Schnittstellen 202, 204 angeschlossen und es besteht ein Überlastfall, in dem es erforderlich ist, die Hochvoltverbindung sicher zu unterbrechen, um beispielsweise bei einem Schaden die Antriebseinheit von der Traktionsbatterie zu trennen.

**[0038]** In Fig. 3 beginnt das Trennelement 200 die Schaltbrücke 210 von dem zweiten Kontakt 208 abzuheben. In einem resultierenden Spalt zündet ein Schaltlichtbogen 300 zwischen der mit dem ersten Kontakt 206 verbundenen Schaltbrücke 210 und dem zweiten Kontakt 208. Der Schaltlichtbogen 300 erzeugt ein Plasma aus freien Ladungsträgern zwischen der Schaltbrücke 210 und dem zweiten Kontakt 208. Das Trennelement 200 drückt die Schaltbrücke 210 in Richtung der freien Elektrode 212 der Überstromtrenneinrichtung 112. Die Elektrode 212 liegt aufgrund der elektrisch leitenden Verbindung durch die Überstromtrenneinrichtung 112 auf dem gleichen elektrischen Potenzial, wie der zweite Kontakt 208. Zwischen der Schaltbrücke 210 und der Elektrode 212 entsteht ein elektrisches Feld. Eine Feldstärke des elektrischen Felds wird umso größer, je geringer die Luftstrecke 214 wird.

**[0039]** In Fig. 4 hat das Trennelement 200 eine Lichtbogenstrecke 400 von der Schaltbrücke 210 um das Trennelement 200 herum bis zum zweiten Kontakt 208 soweit verlängert, dass ein Ersatzlichtbogen 402 über die Luftstrecke 214 zwischen der Schaltbrücke 210 und der Elektrode 212 einen Weg mit geringerem elektrischen Widerstand bietet, als der Weg über die primäre Lichtbogenstrecke 400. Durch das Plasma des Schaltlichtbogens ist der Bereich der Luftstrecke 214 mit freien Ladungsträgern geflutet. Damit zündet der Ersatzlichtbogen 402 zwischen der Schaltbrücke 210 und der Elektrode 212. Der Schaltlichtbogen 300 erlischt aufgrund seines höheren elektrischen Widerstands und die abzubauen elektrische Energie wird durch die Überstromtrenneinrichtung 112 abgeleitet.

**[0040]** Da die durch die Überstromtrenneinrichtung 112 geleitete elektrische Energie größer ist, als eine Ansprechschwelle der Überstromtrenneinrichtung 112, spricht die Überstromtrenneinrichtung 112 an und unterbricht den elektrischen Stromfluss durch die Hochvoltverbindung endgültig. Der Ersatzlichtbogen 402 verlöscht. Das Trennelement 200 verdeckt den zweiten Kontakt 208 und verhindert so ein erneutes Zünden des Schaltlichtbogens 300 zwischen der Schaltbrücke 210 und dem zweiten Kontakt 208.

**[0041]** Fig. 5 zeigt eine Darstellung eines Schalters 102 mit einer zweiten Überstromtrenneinrichtung 500 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Der Schalter 102 entspricht dabei im Wesentlichen dem Schalter in Fig. 2. Im Gegensatz dazu ist die Schaltbrücke 210 hier an beiden

Seiten mobil beziehungsweise kann von dem ersten Kontakt 206 und dem zweiten Kontakt 208 abgehoben werden. Ein erstes Ende der zweiten Überstromtrenneinrichtung 500 ist mit der ersten Schnittstelle 202 verbunden. Ein zweites Ende der zweiten Überstromtrenneinrichtung 500 ist mit einer zweiten Elektrode 502 verbunden. Im Gegensatz zur Darstellung in Fig. 2 ist die erste Elektrode 212 der ersten Überstromtrenneinrichtung 112 hier durch die erste Luftstrecke 214 von dem ersten Kontakt 206 beabstandet, während die zweite Elektrode 502 durch eine zweite Luftstrecke 504 von dem zweiten Kontakt 208 beabstandet ist. Die Luftstrecken 214, 504 sind dabei insbesondere gleich groß. Mit anderen Worten sind die Überstromtrenneinrichtungen 112, 500 gegengleich verbaut.

**[0042]** In einem Ausführungsbeispiel ist ein erster Blasmagnet 506 im Bereich des ersten Kontakts 206 und der ersten Elektrode 212 angeordnet. Ein zweiter Blasmagnet 508 ist im Bereich des zweiten Kontakts 208 und der zweiten Elektrode 502 angeordnet. Die Blasmagneten 506, 508 stellen jeweils entgegengesetzt zueinander ausgerichtete Magnetfelder bereit.

**[0043]** Die Figuren 6, 7 und 8 zeigen Darstellungen eines Unterbrechungsvorgangs einer Hochvoltverbindung unter Verwendung eines Schalters 102 mit einer weiteren Überstromtrenneinrichtung 500 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Wie in den Figuren 3 und 4 ist die Hochvoltverbindung mit den Schnittstellen 202, 204 verbunden, jedoch nicht dargestellt.

**[0044]** In Fig. 6 wird die Schaltbrücke 210 durch einen nicht dargestellten Aktor von dem ersten Kontakt 206 und dem zweiten Kontakt 208 abgehoben. An beiden Kontakten 206, 208 zündet jeweils ein Schaltlichtbogen 300. Da die Schaltlichtbögen 300 in Reihe geschaltet sind, summieren sich ihre Lichtbogenstrecken 400 zu einer Gesamtlichtbogenstrecke. Die Ladungsträger in beiden Schaltlichtbögen 300 bewegen sich dabei quer zu den Magnetfeldern der Blasmagneten 506, 508. Durch die resultierende Lorentzkraft werden die Schaltlichtbögen 300 seitlich ausgelenkt. Die Lichtbogenstrecken 400 werden durch die seitliche Auslenkung verlängert. Die Gesamtlichtbogenstrecke verlängert sich entsprechend.

**[0045]** Durch die Lorentzkraft wird der Schaltlichtbogen 300 zwischen dem ersten Kontakt 206 und der Schaltbrücke 210 hier zusätzlich in Richtung der ersten Elektrode 212 ausgelenkt, die über die elektrisch leitende erste Überstromtrenneinrichtung 112 auf dem gleichen elektrischen Potenzial liegt, wie der zweite Kontakt 208.

**[0046]** In Fig. 7 wurde die aus den einzelnen Lichtbogenstrecken 400 kombinierte Gesamtlichtbogenstrecke größer, als die erste Luftstrecke 214. Zwischen dem ersten Kontakt 206 und der ersten Elektrode 212 hat der Ersatzlichtbogen 402 gezündet und die erste Überstromtrenneinrichtung 112 spricht an. Dabei erlischt auch der Schaltlichtbogen zwischen dem zweiten Kontakt 208 und der Schaltbrücke 210, da dieser Strompfad unterbrochen ist.

**[0047]** In Fig. 8 fließt der Strom entgegengesetzt zur

Darstellung in den Figuren 6 und 7. Dadurch wirkt die Lorentzkraft ebenfalls in die entgegengesetzte Richtung. Der Schaltlichtbogen 300 zwischen der Schaltbrücke 210 und dem zweiten Kontakt 208 wird in Richtung der zweiten Elektrode 502 ausgelenkt. Dadurch ist die Gesamtlichtbogenstrecke größer, als die zweite Luftstrecke 504. Zwischen dem zweiten Kontakt 208 und der zweiten Elektrode 502 hat der Ersatzlichtbogen 402 gezündet und die zweite Überstromtrenneinrichtung 500 spricht an. Dabei erlischt auch der Schaltlichtbogen zwischen dem ersten Kontakt 206 und der Schaltbrücke 210, da dieser Strompfad unterbrochen ist.

**[0048]** Fig. 9 zeigt eine Darstellung eines Unterbrechungsvorgangs einer Hochvoltverbindung unter Verwendung eines Schalters 102 mit einem Elektromagnet 900 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Der Schalter 102 entspricht dabei im Wesentlichen dem Schalter in den Figuren 5 bis 7. Im Gegensatz dazu weist der hier dargestellte Schalter 102 nur eine Überstromtrenneinrichtung 112 und dementsprechend nur eine Elektrode 212 auf, die für beide Stromrichtungen wirksam ist. Die Elektrode 212 ist wie in Fig. 2 im Bereich des zweiten Kontakts 208 angeordnet, ist jedoch wie in Fig. 5 durch den Luftspalt 214 von dem zweiten Kontakt 208 beabstandet.

**[0049]** Ebenfalls wie in Fig. 5 ist hier die Schaltbrücke 210 beidseitig beweglich und kann durch einen Aktor 902 ansprechend auf ein Trennsignal 904 sowohl von dem ersten Kontakt 206 als auch von dem zweiten Kontakt 208 abgehoben werden. Damit zünden beim Unterbrechen der Kontaktstelle 110 zwei Schaltlichtbögen 300. Da die Schaltlichtbögen 300 einen höheren elektrischen Widerstand aufweisen, als die elektrischen Leiter der Kontakte 206, 208 und der Schaltbrücke 210 fällt an den Schaltlichtbögen 300 elektrische Spannung ab. Der Spannungsabfall des Schaltlichtbogens 300 zwischen der Schaltbrücke 210 und dem ersten Kontakt 206 wird hier abgegriffen, um den Schaltlichtbogen 300 zwischen dem zweiten Kontakt 208 und der Schaltbrücke 210 zur Elektrode 212 umzulenken. Dazu ist der Elektromagnet 900 zwischen den ersten Kontakt 206 und die Schaltbrücke 210 geschaltet. Der Elektromagnet 900 erzeugt ein Magnetfeld, dessen Feldlinien quer zur Bewegungsrichtung der Ladungsträger des Lichtbogens ausgerichtet sind, wenn er stromdurchflossen ist.

**[0050]** Eine Stromrichtung im Elektromagnet 900 ist damit abhängig von der Stromrichtung durch den Schalter 102. Somit ist auch eine Feldrichtung des von dem Elektromagnet 900 erzeugten magnetischen Felds abhängig von der Stromrichtung. Die Feldrichtung passt so immer zur Richtung der Ladungsträger im Schaltlichtbogen 300. Der Schaltlichtbogen wird also immer in Richtung der Elektrode 212 ausgelenkt.

**[0051]** Wenn die Gesamtlichtbogenstrecke über beide Schaltlichtbögen 300 größer ist, als die Luftstrecke 214, zündet der hier nicht dargestellte Ersatzlichtbogen zur Elektrode 212 und der resultierende Stromfluss durch die Überstromtrenneinrichtung 112 lässt diese anspre-

chen. Durch das Ansprechen der Überstromtrenneinrichtung 112 wird die Hochvoltverbindung endgültig unterbrochen.

**[0052]** Fig. 10 zeigt eine Darstellung eines Schalters 102 mit einer isolierten Elektrode 212 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Der Schalter 102 entspricht dabei im Wesentlichen dem Schalter in Fig. 2. Im Gegensatz dazu ist die Elektrode 212 der Überstromtrenneinrichtung 112 hier in einem Flugkreis der drehbar gelagerten Schaltbrücke 210 angeordnet und durch einen Isolator 1000 aus einem thermoplastischen Kunststoffmaterial bedeckt. Die Schaltbrücke 210 kann an dem Isolator 1000 anschlagen. Der Isolator 1000 verhindert bei einem normalen Schaltvorgang einen direkten elektrisch leitenden Kontakt zwischen der Schaltbrücke 210 und der Elektrode 212. Eine Materialstärke des Isolators 1000 entspricht dann der verbleibenden Luftstrecke 214.

**[0053]** Wenn die Schaltbrücke 210 an dem Isolator 1000 anliegt, ist die Luftstrecke 214 sehr gering und es resultiert ein elektrisches Feld mit einer hohen Feldstärke zwischen der Schaltbrücke 210 und der Elektrode 212. Dieses elektrische Feld beeinflusst den auch beim normalen Schaltvorgang in der Kontaktstelle 110 entstehenden, schwächeren Schaltlichtbogen. Der Schaltlichtbogen wird durch das elektrische Feld bogenförmig ausgeleitet und seine Lichtbogenstrecke dadurch verlängert. Der Schaltlichtbogen erlischt durch die vergrößerte Lichtbogenstrecke schneller, da der elektrische Widerstand des Schaltlichtbogens mit zunehmender Lichtbogenstrecke stark steigt.

**[0054]** Das Trennelement 200 verlängert beim Trennen der Kontaktstelle 110 ebenfalls die Lichtbogenstrecke, da der Schaltlichtbogen um das Trennelement 200 herum brennt. Um den Schaltlichtbogen zu unterbrechen, dringt das Trennelement 200 in einem Ausführungsbeispiel nach dem Trennen der Kontaktstelle 110 in eine Kerbe 1002 in einem Gehäuse des Schalters 102 ein. Durch das Eindringen in die Kerbe 1002 kann der Schaltlichtbogen im übertragenen Sinn abgeschnitten werden.

**[0055]** Bei einem Überlastfall setzt der Schaltlichtbogen so viel thermische Energie frei, dass der Isolator 1000 zumindest teilweise schmilzt und/oder verdampft. Dadurch wird die Elektrode 212 freigelegt und der Ersatzlichtbogen zwischen der Schaltbrücke 210 und der Elektrode 212 zündet. Da die Schaltbrücke 210 aufgrund des abgeschmolzenen Isolators 1000 sehr nah an die Elektrode 212 herankommt beziehungsweise die Elektrode 212 sogar direkt berühren kann, wird durch den Ersatzlichtbogen nur wenig thermische Energie freigesetzt, bis die Überstromtrenneinrichtung 112 anspricht und der Ersatzlichtbogen gelöscht wird.

**[0056]** Mit anderen Worten zeigen die Figuren 1 bis 10 Schalter mit Lichtbogenweichen. Die Schalter können zur Absicherung und zum Schalten im Hochvolt(HV)-Versorgungsbordnetz verwendet werden. Die bisher verwendeten in Reihe geschalteten Schmelzsicherungen zur thermischen Absicherung der Leitungen

können durch den hier vorgestellten Ansatz entfallen. Die bei Verwendung von herkömmlichen Schützen und Sicherungen in Serienschaltung resultierenden Probleme durch die Kombination der beiden Komponenten treten dadurch nicht auf.

**[0057]** Herkömmlicherweise führt im Kurzschlussfall beispielsweise das Abheben der Schaltkontakte beziehungsweise die Kontaktlevitation aufgrund der elektromagnetischen Kräfte zu einer unkontrollierten Lichtbogenbildung im Schütz, welche die Zündung der in Reihe geschalteten Schmelzsicherung verzögert. Das Schütz beeinflusst also die Sicherung in ihrem Verhalten.

**[0058]** Zusätzlich sind bei in Reihe geschalteten Schmelzsicherungen aufgrund der Trägheit bei kleinen Überströmen und dynamischen Stromprofilen große Leitungsquerschnitte notwendig. Weiterhin ist eine in Serie geschaltete Schmelzsicherung durch ihre Konstruktion als Sollbruchstelle immer erhebliche Quelle von thermischen Verlusten. Dieser Wärmeeintrag kann Probleme bei der Dimensionierung der Hochvolt(HV)-Schaltboxen verursachen und kann sogar aktive Kühlvorrichtungen notwendig machen.

**[0059]** Bisherige Schütze können die Trennleistung im Fall eines Kurzschlusses im Bordnetz nicht aufnehmen und können z.B. bei einem Kurzschlussstrom von größer drei Kiloampere (kA) explodieren, wenn das Öffnen kommandiert wird. Um dies zu verhindern, können die Schütze geschlossen gelassen werden und die in Reihe geschaltete Sicherung soll mit ihrer Sandfüllung die Trennleistung tragen, die Trennenergie aufnehmen und so den Stromfluss unterbrechen. Die in Reihe geschalteten konventionellen Sicherungen haben den Zielkonflikt, einerseits den Laststrom mit möglichst geringen Verlusten und Erwärmung tragen zu können, was durch einen möglichst großen Querschnitt der Engstelle erreicht werden kann, andererseits sollen sie im Kurzschlussfall möglichst schnell trennen, was durch einen möglichst kleinen Querschnitt der Engstelle erreicht werden kann, damit die umgesetzte Trennenergie (Leistung mal Zeit) nicht zu groß wird.

**[0060]** Der hier vorgestellte Schalter 102 kann sowohl die Schaltaufgabe des Schützes als auch die Absicherungsaufgabe der Sicherung übernehmen. Der Schalter 102 beinhaltet als zentrales Element eine "Lichtbogenweiche" 114.

**[0061]** Beim Abschalten des Kurzschlussstroms wird mit dem Öffnen der Kontakte 206, 208 (plus-Primärkontakt und minus-Primärkontakt) ein Lichtbogen aufgezo-  
gen. Dieser Lichtbogen wird mit einem Trennelement 200, beispielsweise einem Keil aus einem Isolatormaterial gegen einen in den Figuren 1 bis 10 als Elektrode 212 bezeichneten Sekundärkontakt geschoben und gleichzeitig wird der minus- (oder plus- oder beide) Primärkontakt von dem Trennelement 200 abgedeckt. Es entsteht ein zweiter Lichtbogen zum Sekundärkontakt. Dieser Sekundärkontakt wiederum ist mit einer vorzugsweise sandgefüllten Schmelzsicherungszelle verbunden, in der schlussendlich die Trennenergie umgesetzt



wird. Die Schmelzsicherungszelle ist eine mögliche Form der Überstromtrenneinrichtung und kann als "Opferbereich" bezeichnet werden. Mit dem Aufschmelzen des Sicherungsfadens und Löschen des Lichtbogens über den kühlenden verflüssigten Sand, erlischt der Lichtbogen und der Schalter 102 unterbricht den Stromfluss. Der Pfad wird galvanisch getrennt. Die Schmelzsicherungszelle ist dabei derart dimensioniert, dass zunächst der Lichtbogen zwischen den Primärkontakten erlischt und anschließend erst der Lichtbogen in der Schmelzsicherungszelle unterbrochen wird, um ein "zurückfallen" des Großteils der Lichtbogenenergie auf den Lichtbogen zwischen den Primärkontakten zu verhindern.

**[0062]** Als Überstromtrenneinrichtung kann eine aktive Pyrofuse statt einer Schmelzsicherung verwendet werden. Sandgefüllte Sicherungselemente sind jedoch prinzipiell positiv für die Energieaufnahme bei der Kurzschlussstromunterbrechung.

**[0063]** Durch den hier vorgestellten Ansatz ergibt sich eine Kosteneinsparung durch eine kleiner als bei der Serienschaltung dimensionierte Überstromtrenneinrichtung, ein wesentlich geringerer Wärmeeintrag und eine Platzersparnis.

**[0064]** Der hier vorgestellte Ansatz ermöglicht es, die sicherheitsrelevante Funktion des Schaltens und Absicherns der HV-Spannung in einer Komponente zusammenzufassen und somit insbesondere beim Übergang von Normalfall zu Fehlerfall bei ca. 1.000 A bis 2.000 A Schaltlast eine präzise Funktion zu gewährleisten.

**[0065]** Durch die Lichtbogenweiche kann das serielle Sicherungselement entfallen, welches bisher durch seinen Widerstand zu einem hohen Wärmeeintrag in die Schaltbox geführt hat. Bei dem hier vorgestellten Ansatz wird das Schmelzsicherungselement nur im Fehlerfall bestromt. Dadurch wird die Dauerstromtragfähigkeit des Systems nicht länger durch die Schmelzsicherung begrenzt. Bisher kann das Sicherungselement immer nur so groß gewählt werden, dass die Leitung und insbesondere die HV-Schütze nicht zerstört werden, insbesondere abbrennen. Bei diesem maximalen Nennwert ist die Dauerstromtragfähigkeit der Sicherung aufgrund der thermischen Belastungsgrenze natürlich ebenfalls beschränkt. Durch den hier vorgestellten Ansatz kann den immer weiter steigenden Anforderungen an das "DC-Schnellladen" von Elektrofahrzeugen Rechnung getragen werden und eine vergrößerte Dauerstromtragfähigkeit erreicht werden.

**[0066]** Bei dem hier vorgestellten Ansatz brennt während der Unterbrechung des Kurzschlussstroms lediglich der Lichtbogen an der Kurzschlussstelle zusätzlich zum Lichtbogen in dem Sicherungselement. Bislang gab es bei Verwendung von herkömmlichen HV-Schützen immer noch zwei zusätzliche Lichtbogen an den zwei Schützkontakten aufgrund der Kontaktleitvation (= Kontaktabhebung aufgrund von Lorentz- und Holm'scher Engekräft) ab typischerweise 6.000 A.

**[0067]** Die Lichtbogenweiche 114 ermöglicht eine Verwendung einer parallelgeschalteten Schmelzsicherung

oder einem anderen sicherungsähnlichen Trennelement insbesondere mit Sandfüllung zu einem HV-Schütz. Die Lichtbogenweiche verwendet einen Sekundärkontakt, der den Strom in dieses Sicherungselement leitet.

**[0068]** In Fig. 2 ist ein Schalter 102 mit einem als Elektrode 212 bezeichneten zusätzlichen Sekundärkontakt und einem als Überstromtrenneinrichtung 112 bezeichneten Sicherungselement mit Sandfüllung dargestellt.

**[0069]** In einem Ausführungsbeispiel beinhaltet der abgebildete Schalter 102 eine nicht abgebildete Vorrichtung zum Messen des Stroms für eine intelligente Absicherungsfunktion. Überschreitet ein Kurzschlussstrom eine obere Stromschwelle, beispielsweise 1000 A, so wird das Öffnen des Schützes initiiert.

**[0070]** In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist der Schalter 102 dazu ausgebildet, ein Triggersignal, welches zur Abschaltung führen soll, zu verarbeiten.

**[0071]** Im Folgenden wird der Abschaltvorgang beschrieben. Dabei wird insbesondere auf den Fehlerfall, d.h. die Überlastsituation, eingegangen. Die regulären Schaltspiele laufen identisch ab, lediglich das Lichtbogenverhalten differiert.

**[0072]** In Fig. 3 hebt ein Trennelement 200, beispielsweise ein Keil aus einem Isolatormaterial, den Kontakt hebel ab und ein Lichtbogen wird aufgezogen.

**[0073]** In Fig. 4 deckt der Isolator-Keil den Primärkontakt rechts ab.

**[0074]** Nach dem Überdecken des rechten Primärkontakts brennt der Lichtbogen zunächst noch in dem schmalen Spalt zwischen Isolator und Primärkontakt und um die Spitze des Trennelements 200 herum. Da in dem Spalt das Volumen sehr begrenzt ist und das Trennelement 200 zusätzlich die Lichtbogenlänge vergrößert, steigt der Spannungsfall im Lichtbogen schnell an. Gleichzeitig werden Ladungsträger zum Sekundärkontakt beschleunigt, der auch auf dem niedrigen Potential liegt. In Abhängigkeit der Ladungsträgerdichte sowie dem Abstand des Sekundärkontakts zum Kontakthebel zündet ein zweiter Lichtbogen zwischen Kontakthebel und Sekundärkontakt. Durch die Widerstandsverhältnisse teilen sich die Energien der beiden Lichtbögen auf. Aufgrund der "Behinderung" des primären Lichtbogens durch das Trennelement 200 wird ein Großteil des Kurzschlussstroms in den Sekundärpfad umgeleitet, bevor der Primärlichtbogen vollständig erlischt. In dem sich im Sekundärpfad befindlichen Sicherungselement brennen in Folge des Kurzschlussstroms und dem damit verbundenen Eintrag thermischer Energie einige Engstellen durch. Aufgrund der konstruktiven Auslegung der Sicherung wird schnell ein langer Lichtbogen aufgezogen, in welchem der wesentliche Energieumsatz, welcher für das Trennen des Kurzschlussstroms zwingend ist, stattfindet. Die Momentanleistung kann bis ca. 5 MW erreichen und schmilzt die Sandfüllung lokal. Der geschmolzene Sand löscht den Lichtbogen, wodurch der Stromfluss unterbrochen wird. Durch eine adäquate Auslegung des zeitlichen Ablaufs beim Trennvorgang wird erreicht, dass das Trennelement 200 während der Unterbrechung

des Stromflusses in dem Sicherungselement bereits soweit verfahren ist, dass ein "Zurückspringen" des Lichtbogens auf den Primärkontakt nicht möglich ist.

**[0075]** Das Prinzip, den Lichtbogen ladungsträgergesteuert (energiegeführt) in einen sekundäres Sicherungselement umzulenken wird als Lichtbogenweiche bezeichnet.

**[0076]** In Fig. 5 ist ein Schalter 102 mit einem Brückenkontakt und einer Lichtbogenweiche dargestellt. Hier sind zwei Sekundärkontakte vorgesehen, da der der Schalter 102 bidirektional mit gleicher Trennfähigkeit trennen können soll.

**[0077]** In Fig. 6 ist dargestellt, wie zwei Lichtbögen beim Öffnen der Kontaktbrücke aufgezogen werden. Durch die Blasmagneten 506, 508 mit unterschiedlicher Feldrichtung werden die Lichtbögen linsenförmig nach links aus dem Kontaktbereich geblasen, wenn der Strom in der Anordnung von rechts nach links fließt (technische Stromrichtung).

**[0078]** In Fig. 7 ist dargestellt, dass mit dem weiteren Öffnen und bei hohen Stromstärken der Lichtbogen gegen den linken Sekundärkontakt geblasen wird. Der Strom kommutiert wie in den Figuren 3 und 4 detailliert beschrieben zum Sekundärkontakt, da damit der Spannungsfall über den zweiten Lichtbogen am Brücken-Primärkontakt rechts entfällt ("Anreiz" für das Kommutieren).

**[0079]** In Fig. 8 ist das Kommutieren zum rechten Sekundärkontakt dargestellt, wenn der Strom von links nach rechts fließt (technische Stromrichtung).

**[0080]** In Fig. 10 ist die Sekundärelektrode von einem Thermoplast, welcher als Isolator 1000 wirkt, umgeben. Bei einem Trennen von regulären Strömen baut sich ein elektrisches Feld zwischen dem bewegten Primärkontakt und der Sekundärelektrode auf. Dadurch werden die Ladungsträger des Lichtbogens, der sich mit dem Eindringen des beweglichen Isolators zwischen die Primärkontakten ergibt, in Richtung der isolierten Sekundärelektrode abgelenkt. Hieraus resultiert eine größere Lichtbogenlänge, die dem beweglichen Isolator beim Abschnüren des Lichtbogens hilft.

**[0081]** Da im Normalfall die thermische Energie des Lichtbogens nicht reicht, den Isolator der Sekundärelektrode aufzuschmelzen, fungiert die Sekundärelektrode nicht als Lichtbogenweiche, sondern hat eine den Lichtbogen verlängernde Wirkung, die sonst von einem Blasmagneten übernommen wird.

**[0082]** Beim Trennen von Fehlerströmen reicht die thermische Energie des Lichtbogens, um die thermoplastische Isolation der Sekundärelektrode aufzuschmelzen. Sobald die Elektrode exponiert ist, baut sich der Sekundärlichtbogen zwischen beweglichem Primärkontakt und Sekundärelektrode auf. Der bewegliche Isolator schnürt den verbleibenden Primärlichtbogen ab, die hauptsächliche Trennleistung kommutiert in die mit der Sekundärelektrode verbundene Überstromtrenneinrichtung. Die Sekundärelektrode wirkt in diesem Fall also als Lichtbogenweiche.

**[0083]** In Fig. 10 ist der Isolator 1000 auf der Sekundärelektrode gezeigt. Diese Ausführung ist insofern vorteilhaft, als dass nach dem Schmelzen des Thermoplasts ein geringer Abstand zwischen dem beweglichem Primärkontakt und der Sekundärelektrode vorliegt, wodurch die Lichtbogenstrecke und somit der Leistungsumsatz im Lichtbogen gering bleibt. Außerdem verhindert die Isolation ein zu frühes Zünden des Sekundärlichtbogens bei geringen Schaltlasten.

**[0084]** Da es sich bei der vorhergehend detailliert beschriebenen Vorrichtungen und Verfahren um Ausführungsbeispiele handelt, können sie in üblicher Weise vom Fachmann in einem weiten Umfang modifiziert werden, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen. Insbesondere sind die mechanischen Anordnungen und die Größenverhältnisse der einzelnen Elemente zueinander lediglich beispielhaft gewählt.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

##### [0085]

100	Fahrzeug
102	Schalter
104	Traktionsbatterie
106	Antriebseinheit
108	Hochvoltverbindung
110	Kontaktstelle
112	Überstromtrenneinrichtung
114	Lichtbogenweiche
200	Trennelement
202	erste Schnittstelle
204	zweite Schnittstelle
206	erster Kontakt
208	zweiter Kontakt
210	Schaltbrücke
212	Elektrode
214	Luftstrecke
300	Schaltlichtbogen
400	Lichtbogenstrecke
402	Ersatzlichtbogen
500	zweite Überstromtrenneinrichtung
502	zweite Elektrode
504	zweite Luftstrecke
506	erster Blasmagnet
508	zweiter Blasmagnet
900	Elektromagnet
902	Aktor
904	Trennsignal
1000	Isolator
1002	Kerbe

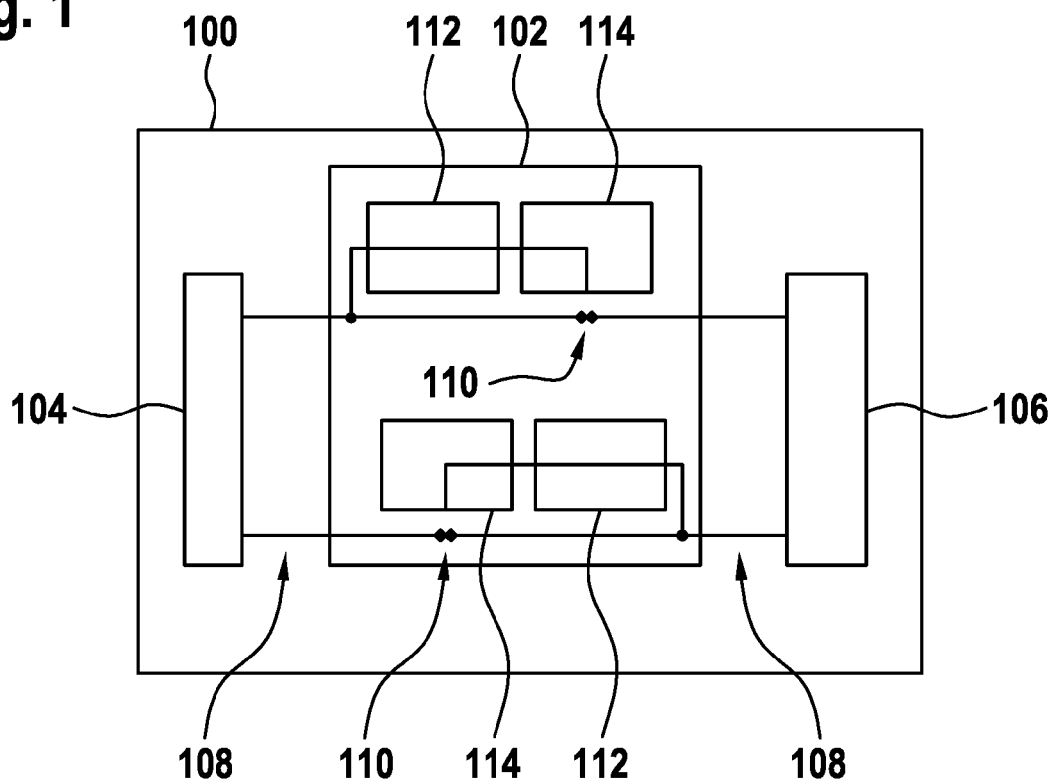
## Patentansprüche

1. Elektrischer Schalter (102) zum Unterbrechen einer elektrischen Hochvoltverbindung (108), insbesondere in einem Spannungsversorgungssystem eines Fahrzeugs (100), wobei der Schalter (102) folgende Merkmale aufweist:
  - a. eine erste Schnittstelle (202) zum Anschließen eines ersten Teilbereichs der Hochvoltverbindung (108) und eine zweite Schnittstelle (204) zum Anschließen eines zweiten Teilbereichs der Hochvoltverbindung (108);
  - b. einen mit der ersten Schnittstelle (202) elektrisch leitend verbundenen ersten Kontakt (206) und einen mit der zweiten Schnittstelle (204) elektrisch leitend verbundenen zweiten Kontakt (208), wobei der erste Kontakt (206) und der zweite Kontakt (208) an einer trennbaren Kontaktstelle (110) elektrisch leitend miteinander verbunden sind;
  - c. eine mit der zweiten Schnittstelle (204) elektrisch leitend verbundene Überstromtrenneinrichtung (112); und
  - d. eine Lichtbogenweiche (114), die dazu ausgebildet ist, in einem Überlastfall einen zu der Überstromtrenneinrichtung (112) führenden Ersatzlichtbogen (402) zu einem im Betrieb beim Unterbrechen der Kontaktstelle (110) zwischen dem ersten Kontakt (206, 210) und dem zweiten Kontakt (208) entstehenden Schaltlichtbogen (300) zu erzeugen.
2. Schalter (102) gemäß Anspruch 1, bei dem die Lichtbogenweiche (114) den ersten Kontakt (206), eine den ersten Kontakt (206) bei geschlossener Kontaktstelle (110) mit dem zweiten Kontakt (208) elektrisch leitend verbindende, bewegliche Schaltbrücke (210) und eine Elektrode (212) der Überstromtrenneinrichtung (112) umfasst, wobei die Schaltbrücke (210) bei geschlossener Kontaktstelle (110) von der Elektrode (212) beabstandet ist und dazu ausgebildet ist, beim Unterbrechen der Kontaktstelle (110) von dem ersten Kontakt (206) in Richtung der Elektrode (212) abgehoben zu werden, um den Ersatzlichtbogen (402) zu erzeugen.
3. Schalter (102) gemäß Anspruch 2, bei dem die Schaltbrücke (210) bei getrennter Kontaktstelle (110) durch eine Luftstrecke (214) beabstandet von der Elektrode (212) ist, wobei ein zum Zünden eines Ersatzlichtbogens (402) erforderlicher Mindestenergieumsatz in der Lichtbogenweiche (114) abhängig von der Luftstrecke (214) ist.
4. Schalter (102) gemäß Anspruch 3, bei dem bei getrennter Kontaktstelle (110) eine Lichtbogenstrecke (400) zwischen dem zweiten Kontakt (208) und der Schaltbrücke (210) größer ist als die Luftstrecke (214).
5. Schalter gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem die Elektrode (212) mit einem thermoplastischen Isolator (1000) umspritzt ist, wobei ein zum Zünden eines Ersatzlichtbogens (402) erforderlicher Mindestenergieumsatz in der Lichtbogenweiche (114) abhängig von einer Dicke des Isolators (1000) ist.
6. Schalter (102) gemäß Anspruch 1, bei dem eine weitere Überstromtrenneinrichtung (500) elektrisch leitend mit der ersten Schnittstelle (202) verbunden ist, wobei die Lichtbogenweiche (114) den ersten Kontakt (206), den zweiten Kontakt (208), eine den ersten Kontakt (206) bei geschlossener Kontaktstelle (110) mit dem zweiten Kontakt (208) elektrisch leitend verbindende, bewegliche Schaltbrücke (210), eine Elektrode (212) der Überstromtrenneinrichtung (112) und eine weitere Elektrode (502) der weiteren Überstromtrenneinrichtung (500) umfasst, wobei die Schaltbrücke (210) bei geschlossener Kontaktstelle (110) beabstandet von der Elektrode (212) und der weiteren Elektrode (502) ist, wobei bei getrennter Kontaktstelle (110) eine kombinierte Lichtbogenstrecke (400) zwischen der Schaltbrücke (210) und dem ersten Kontakt (206) und zwischen der Schaltbrücke (210) und dem zweiten Kontakt (208) größer ist, als sowohl eine erste Luftstrecke (214) zwischen dem ersten Kontakt (206) und der Elektrode (212) als auch eine zweite Luftstrecke (504) zwischen dem zweiten Kontakt (208) und der weiteren Elektrode (502).
7. Schalter (102) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Lichtbogenweiche (114) ein bewegliches, isolierendes Trennelement (200) aufweist, wobei das Trennelement (200) zwischen dem ersten Kontakt (206) und dem zweiten Kontakt (208) anordenbar ist, wobei das Trennelement (200) eine Lichtbogenstrecke (400) zwischen dem ersten Kontakt (206) oder der Schaltbrücke (210) und dem zweiten Kontakt (208) vergrößert und/oder den ersten Kontakt (206) oder die Schaltbrücke (210) und/oder den zweiten Kontakt (208) verdeckt, wenn es in der Kontaktstelle (110) angeordnet ist.
8. Schalter (102) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Lichtbogenweiche (114) zumindest einen Blasmagneten (506, 508) zum Vergrößern des Schaltlichtbogens (300) aufweist, wobei eine Feldrichtung eines von dem Blasmagneten (506, 508) generierten Magnetfelds quer zu einem Verlauf des Schaltlichtbogens (300) ausgerichtet ist.
9. Schalter (102) gemäß Anspruch 8, bei dem der Blasmagnet (506, 508) ein Elektromagnet (900) ist, der

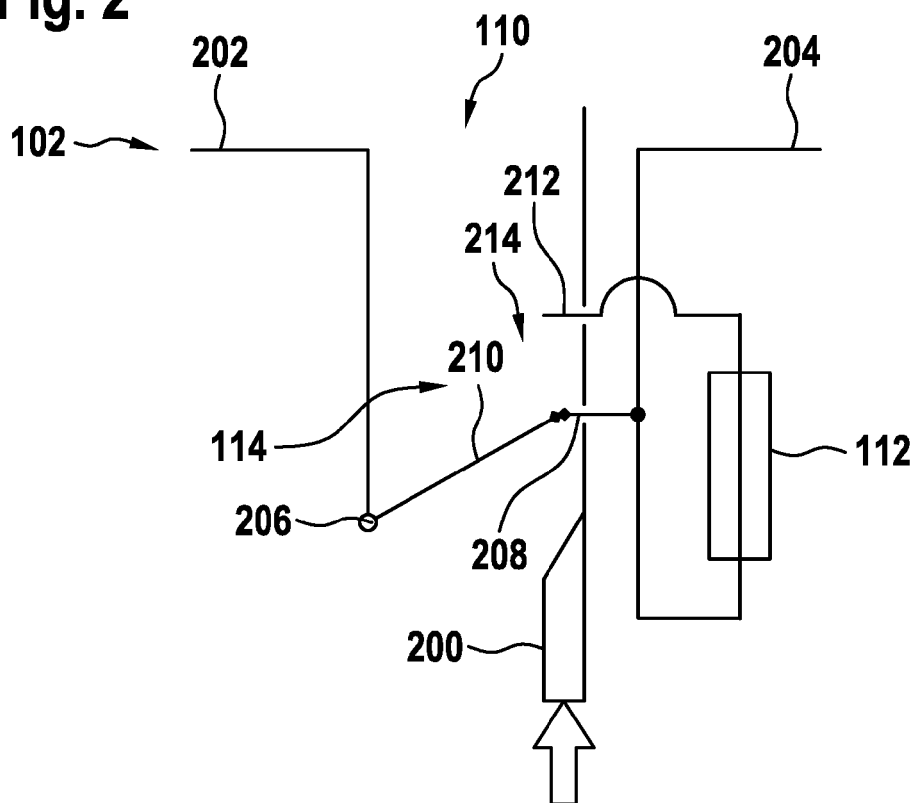
zwischen die erste Schnittstelle (202) und die Schaltbrücke (210) geschaltet ist, wobei die Schaltbrücke (210) bei getrennter Kontaktstelle (110) beabstandet zu dem ersten Kontakt (206) und dem zweiten Kontakt (208) ist, wobei der Elektromagnet (900) beim Unterbrechen der Kontaktstelle (110) durch eine aufgrund einer Lichtbogenspannung an einem weiteren Schaltlichtbogen (300) zwischen der Schaltbrücke (210) und dem ersten Kontakt (206) resultierenden elektrischen Stromfluss bestromt wird, um ein stromrichtungsabhängiges Magnetfeld zum Verlängern des Schaltlichtbogens (300) in Richtung der Überstromtrenneinrichtung (112) zu erzeugen.

10. Schalter (102) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Überstromtrenneinrichtung (112) als Schmelzsicherung mit Sandfüllung ausgebildet ist. 5
11. Schalter (102) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einer Messeinrichtung zum Erfassen eines elektrischen Stromflusses zwischen der ersten Schnittstelle (202) und der zweiten Schnittstelle (204), wobei die Messeinrichtung dazu ausgebildet ist, ein Trennsignal (904) zum Unterbrechen der Kontaktstelle (110) bereitzustellen, wenn der Stromfluss größer als ein Schwellenwert ist. 10
12. Verfahren zum Unterbrechen einer elektrischen Hochvoltverbindung (108), insbesondere in einem Spannungsversorgungssystem eines Fahrzeugs (100), wobei das Verfahren einen Schritt des Unterbrechens, einen Schritt des Erzeugens und einen Schritt des Löschens aufweist, wobei im Schritt des Unterbrechens eine Kontaktstelle (110) eines in der Hochvoltverbindung (108) angeordneten elektrischen Schalters (102) ansprechend auf ein Trennsignal (904) getrennt wird, im Schritt des Erzeugens ein zu einer bei geschlossener Kontaktstelle (110) stromlosen Überstromtrenneinrichtung (112) des Schalters (102) führender Ersatzlichtbogen (402) zu einem in der getrennten Kontaktstelle (110) entstehenden Schaltlichtbogen (300) erzeugt wird, und im Schritt des Löschens der Ersatzlichtbogen (402) durch ein Ansprechen der Überstromtrenneinrichtung (112) gelöscht wird. 15
13. Fahrzeug (100) mit zumindest einem Schalter (102) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei der Schalter (102) in einer elektrischen Hochvoltverbindung (108) eines Spannungsversorgungssystems des Fahrzeugs (100) angeordnet ist, wobei eine Kontaktstelle (110) des Schalters (102) unter Verwendung eines Aktors (902) ansprechend auf ein Trennsignal (904) trennbar ist. 20

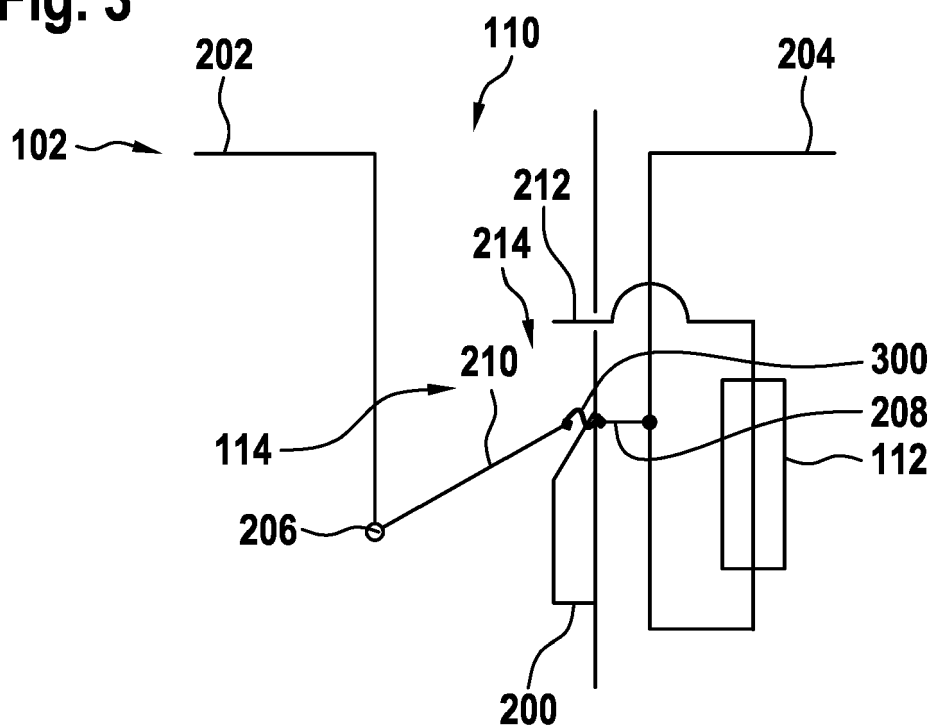
**Fig. 1**



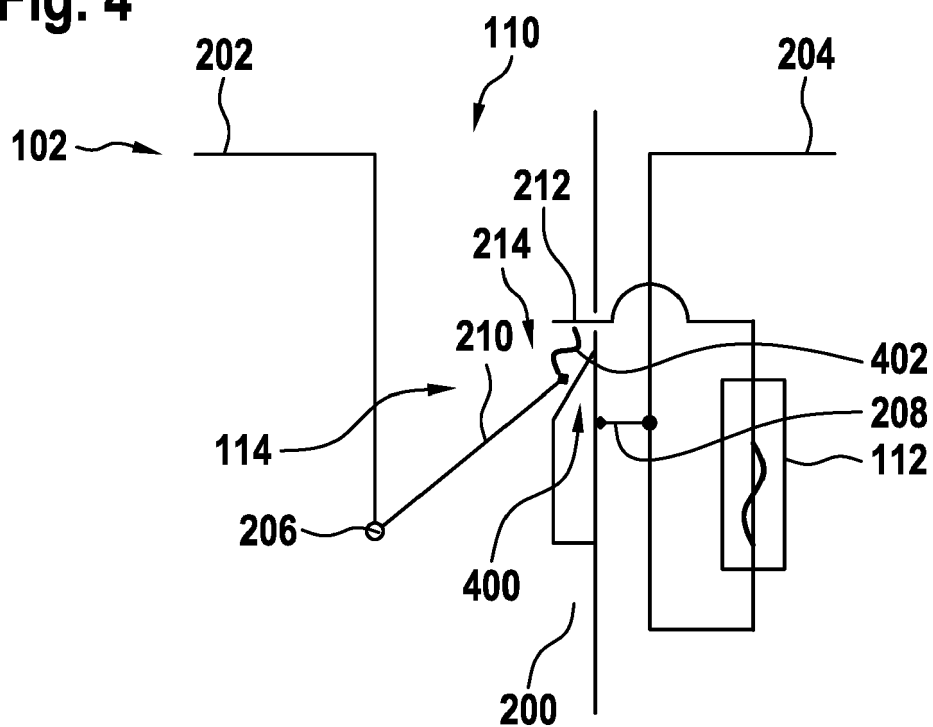
**Fig. 2**



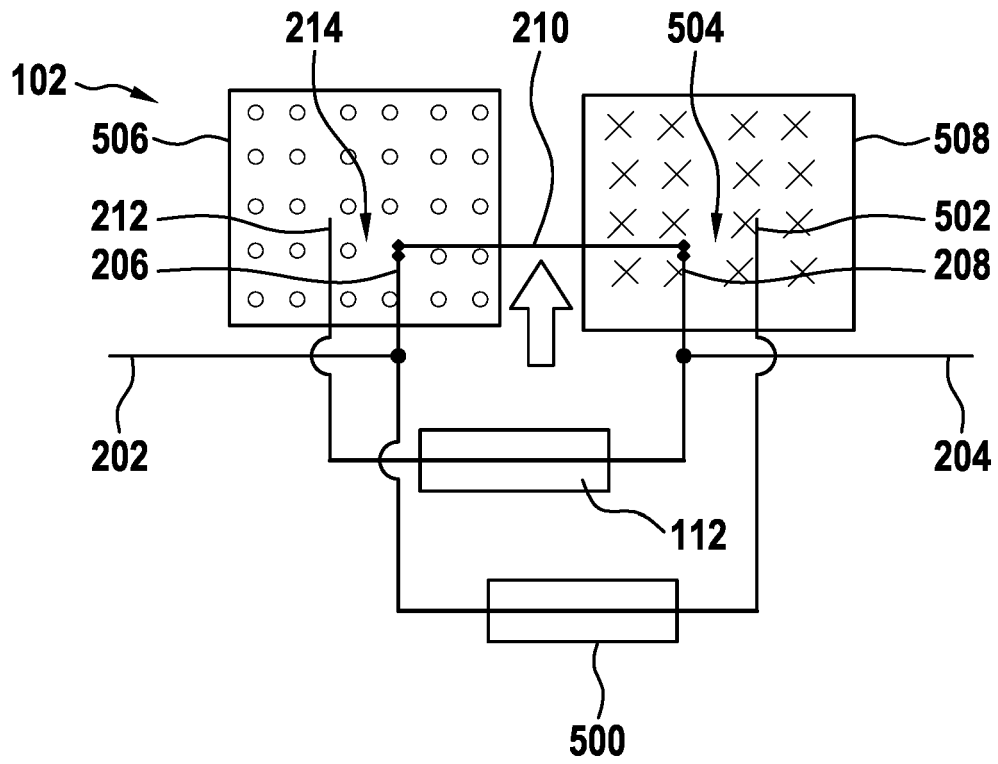
**Fig. 3**



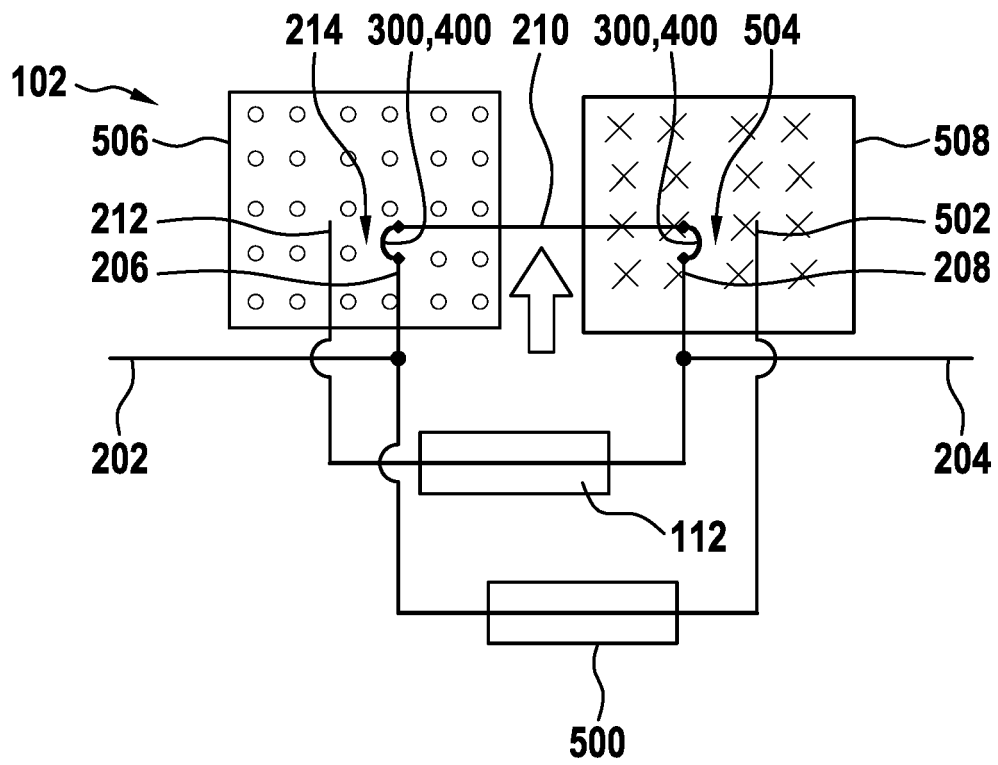
**Fig. 4**



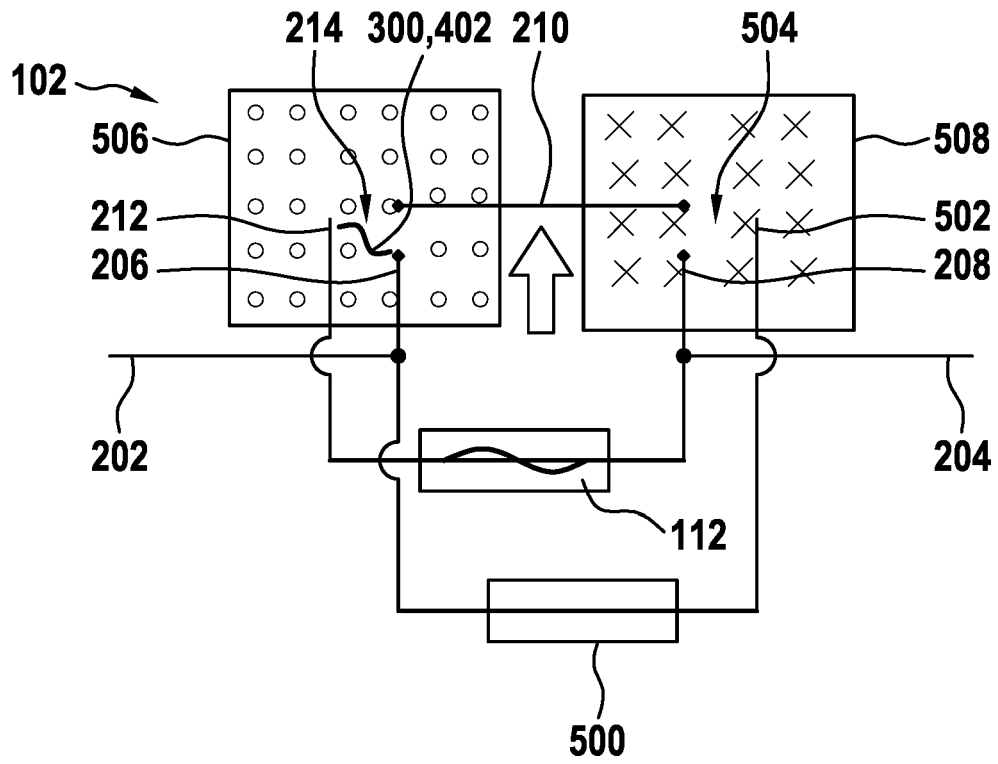
**Fig. 5**



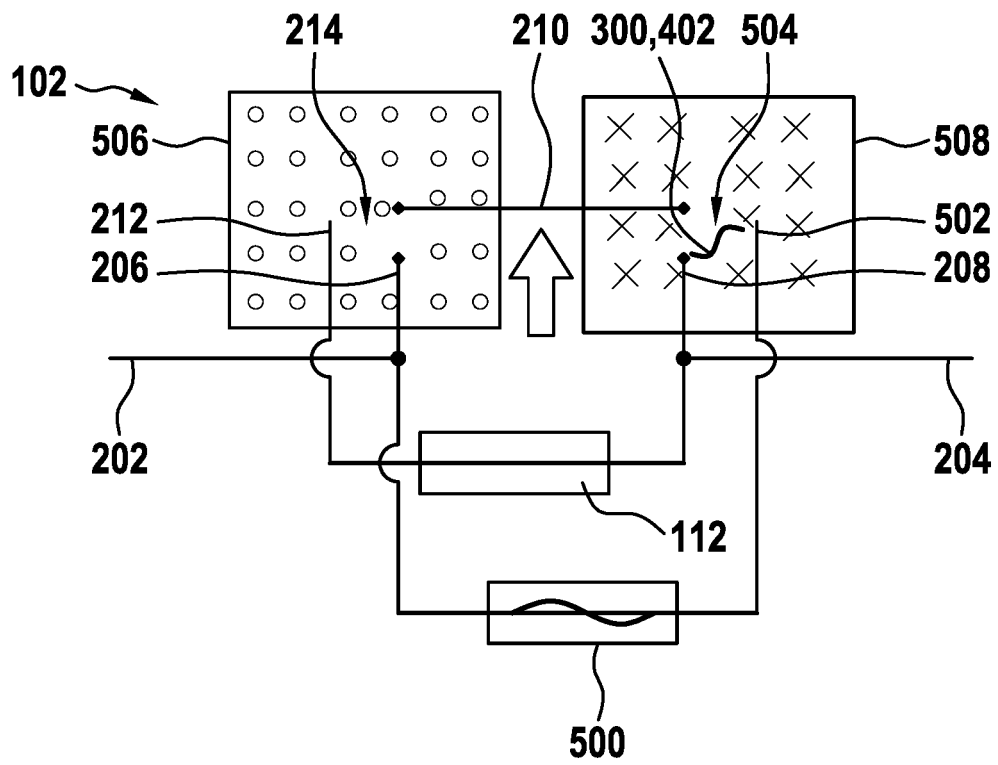
**Fig. 6**



**Fig. 7**

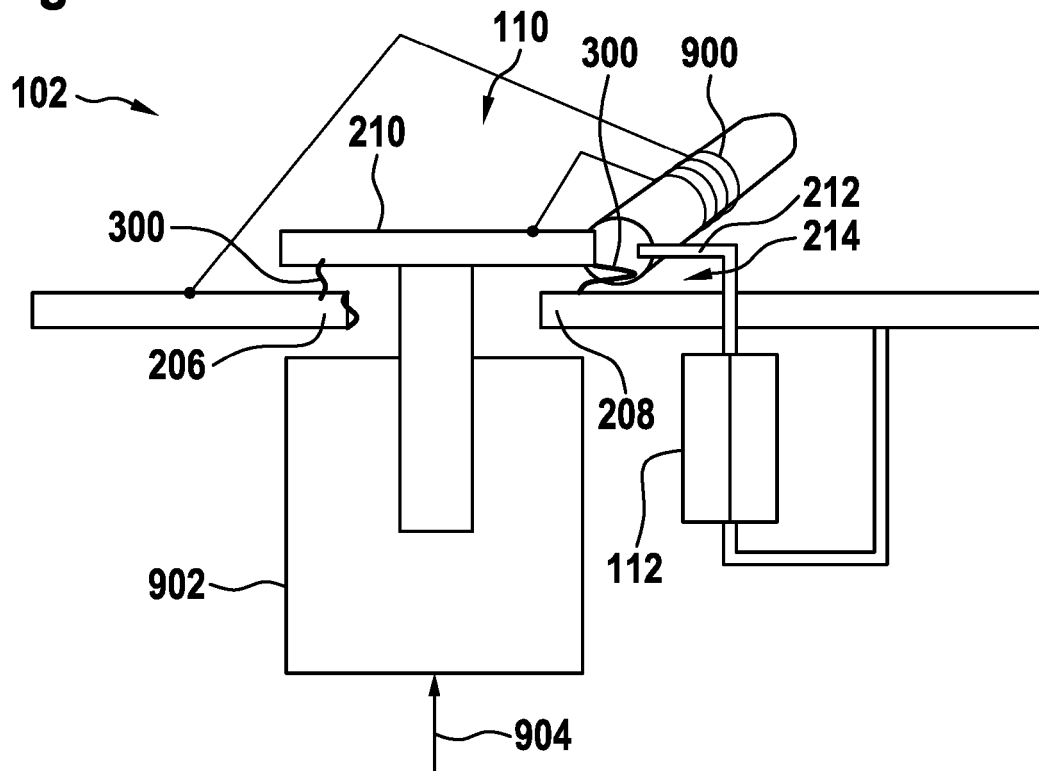


**Fig. 8**

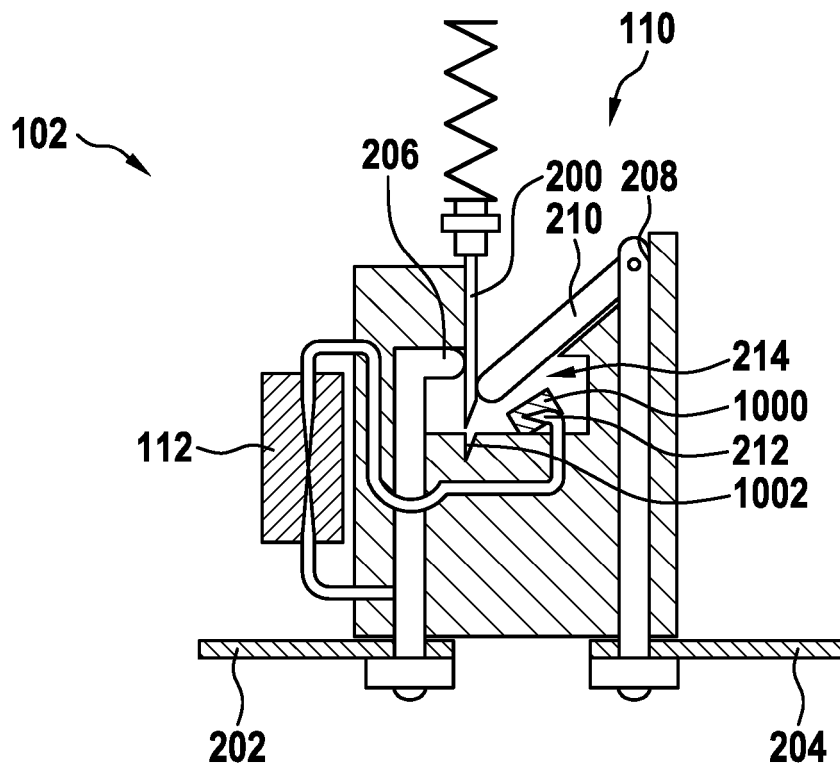




**Fig. 9**



**Fig. 10**





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 19 16 6078

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 42 43 314 A1 (ABB MANAGEMENT AG [CH]) 23. Juni 1994 (1994-06-23)	1-5,8,9, 11-13	INV. H01H9/38
Y	* Spalte 2, Zeile 8 - Spalte 3, Zeile 68;	6,7	H01H9/42
A	Abbildung 1 *	10	H01H9/44 H01H9/46
-----			
X	EP 3 157 033 A1 (SCHNEIDER ELECTRIC IND SAS [FR]) 19. April 2017 (2017-04-19)	1-5,8,9, 11-13	ADD. H01H9/32
Y	* Absatz [0024] - Absatz [0037];	6,7	
A	Abbildungen 1,2 *	10	
-----			
X	US 3 004 116 A (GRISCOM SAMUEL B) 10. Oktober 1961 (1961-10-10)	1-5,8,9, 11,12	
A	* Spalte 2, Zeile 58 - Spalte 3, Zeile 54; Abbildung 1 *	6,7,10, 13	
-----			
Y	WO 2017/063683 A1 (ABB SCHWEIZ AG [CH]) 20. April 2017 (2017-04-20)	6	
	* Seite 10, Zeile 17 - Seite 12, Zeile 24; Abbildung 3 *		
-----			
Y	WO 2019/057870 A1 (DRAEXLMAIER LISA GMBH [DE]) 28. März 2019 (2019-03-28)	7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
	* Seite 11, Zeile 7 - Seite 13, Zeile 15; Abbildungen 1--3 *		H01H
-----			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>13. September 2019</b>	Prüfer <b>Dobbs, Harvey</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 16 6078

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-09-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4243314 A1	23-06-1994	KEINE	
EP 3157033 A1	19-04-2017	EP 3157033 A1	19-04-2017
		FR 3042638 A1	21-04-2017
US 3004116 A	10-10-1961	DE 1094844 B	15-12-1960
		FR 1231252 A	28-09-1960
		US 3004116 A	10-10-1961
WO 2017063683 A1	20-04-2017	KEINE	
WO 2019057870 A1	28-03-2019	DE 102017122008 A1	28-03-2019
		WO 2019057870 A1	28-03-2019

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82